Juin 2007

Série technique 07-108

Étude sur les conduites de chaudières

INTRODUCTION

L'étude dont il question ici avait pour objectif d'examiner les facteurs dont il faut tenir compte lors du remplacement d'une chaudière par un modèle compact alimenté au gaz. Comme il n'existe pas de nom générique pour les chaudières radiales à tubulures de cuivre, pourvues d'un ventilateur, l'expression chaudière « FARC » tirée de l'acronyme anglais sera employée. Les chaudières FARC sont maintenant très en demande lors de travaux en rattrapage. Utilisées pour la première fois au milieu des années 1980, les chaudières FARC se caractérisent par un échangeur de chaleur en forme de tambour composé de tubulures de cuivre à ailettes, pourvu d'un brûleur assisté assurant la combustion au centre du « tambour ». Ces chaudières sont habituellement disponibles en puissance d'entrée allant de 1 055 à 3 165 MJ (1 à 3 millions de Btu). Des capacités d'entrée plus importantes sont offertes par certains fabricants. Voici des exemples de ce type de chaudière : A.O. Smith Legend, Camus Dynaflame, Lochinvar Power Fin, Patterson-Kelly Mod-U-Fire et RBI Futura. La plupart de ces modèles de chaudière en sont à leur deuxième ou troisième génération de développement.

Les chaudières FARC conviennent particulièrement au remplacement de chaudières existantes. Elles se révèlent plus efficaces que les chaudières à brûleur atmosphérique, en plus d'être plus petites et plus légères que les chaudières de capacité et d'efficacité semblable, ce qui en fait un choix de remplacement tout indiqué lorsque l'accès ou le poids est en jeu. Comme elles peuvent résister à des pressions plus élevées que les chaudières en fonte, elles pourraient convenir aux chaudières d'installations en sous-sol de bâtiments de très grande hauteur. En revanche, leur faible masse exerce une incidence sur leur application.

MÉTHODE

L'étude dont il question ici porte sur quatre chaudières d'installations présentant différents agencements de conduites en vue de déterminer les changements, s'il y a lieu, à apporter aux conduites et aux pompes de circulation pour tenir compte de l'installation de chaudières FARC.

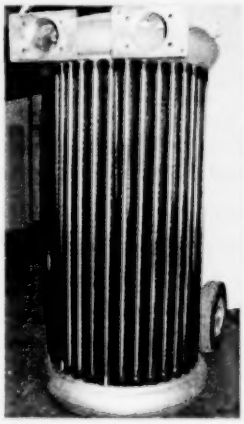

Figure 1 Échangeur de chaleur de type FARC

Voici les cas qui ont été examinés :

- **Étude de cas 1 :** installation en terrasse composée de deux chaudières à tubes cintrés, dotées d'une vanne de mélange motorisée, d'un contrôle de réglage extérieur servant à modérer la température de l'eau d'alimentation, et d'une seule pompe de distribution. Le système de distribution est composé de convecteurs-plinthes munis de robinets d'arrêt commandés par un thermostat mural.
- **Étude de cas 2 :** installation en terrasse composée de deux chaudières à tubes de fumée, et comportant quatre zones de chauffage, chacune pourvue de sa propre pompe. Les deux zones de chauffage des logements étaient équipées d'une vanne-mélangeuse à trois voies. Ces zones étaient dotées d'un circuit de dérivation pour empêcher les pompes de tourner à vide lorsque les robinets d'arrêt des convecteurs-plinthes passaient en position arrêt. De plus, les dérivations desservant les garages de stationnement et les aires communes étaient dépourvues de vannes-mélangeuses et fonctionnaient à débit constant. La chaudière d'installation produisait également l'eau chaude domestique par l'entremise de deux réservoirs à eau chaude munis d'échangeurs de chaleur.

Canada

SCHL CMHC
AU CŒUR DE L'HABITATION

- **Étude de cas 3 :** installation en sous-sol composée de deux chaudières à brûleur atmosphérique munies des pompes primaires et secondaires. Les chaudières étaient pourvues d'une vanne de mélange motorisée, et d'un contrôle de réglage extérieur servant à modérer la température de l'eau d'alimentation. L'eau chaude domestique était produite à l'aide d'un échangeur de chaleur, au moyen d'une dérivation de reprise à la chaudière.
- **Étude de cas 4 :** installation en terrasse, comportant deux zones, chacune d'elles dotée de sa propre pompe de circulation, et deux chaudières à circuit à flux réversible. Des enregistreurs consignaient les températures de sortie et de reprise des chaudières de chaque installation.

Pour les études de cas 3 et 4, ces données ont servi à calculer les débits à travers les chaudières. Les chaudières des études de cas 1 et 2 étaient équipées de brûleurs à action proportionnelle. Puisque les débits à travers ces chaudières ne pouvaient pas être calculés de la même manière, on a utilisé un débitmètre ultrasonique à enregistrement chronologique des données pour mesurer les débits. Ces renseignements ont servi à déterminer si les débits et les températures de chaque installation conviendraient à l'emploi de chaudières FARC, et dans la négative, quelles modifications il faudrait apporter à l'agencement des conduites et des pompes pour l'adapter aux chaudières FARC.

OBSERVATIONS

Étude de cas 1

Les chercheurs ont découvert que les débits à travers les chaudières existantes étaient variables, en raison de l'action des vannes motorisées. À mesure que la demande en chaleur dans chaque appartement est satisfaite, les robinets sur les convecteurs coupent l'alimentation, une situation qui se produit surtout en intersaison. Qui plus est, le débit variait de manière continuelle par une marge d'environ 20 %. Cela résultait de l'action de la vanne-mélangeuse à trois voies motorisée. La pression inégale dans les deux circuits de « reprise » de la vanne à diamètre de conduite, jumelée aux températures variables de l'eau de reprise a provoqué une condition de « pompage » dans la vanne qui tente sans succès de répondre à la température de sortie de consigne. Ce phénomène est illustré dans la figure 2 ci-dessous.

Étude de cas 2

Les débits à travers la chaudière étaient plus constants dans ce cas-ci. Bien que les robinets motorisés des convecteurs-plinthes restreignent le débit en certaines circonstances, comme dans l'étude de cas 1, les deux zones à débit constant et le circuit pour l'eau chaude domestique ont amenuisé les variations de débit dans les deux zones desservant les logements.

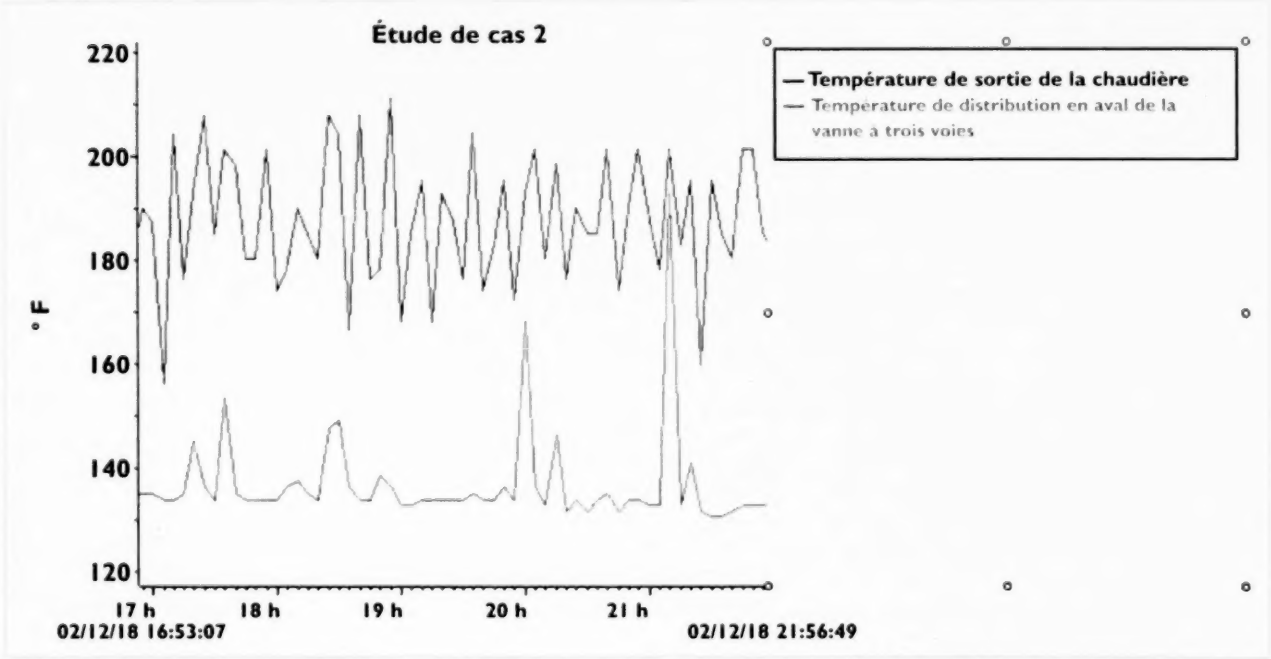

Figure 2 Fluctuations de température à la sortie de la vanne à trois voies

Étude de cas 3

Cette chaudière d'installation était dotée d'un circuit de dérivation, lequel empêchait la vanne-mélangeuse à trois voies de faire varier le débit à travers les chaudières. Toutefois, l'eau chaude domestique était produite par un échangeur de chaleur tirant son énergie des conduites de reprise. Cette situation a engendré des températures de l'eau de reprise vers les chaudières aussi basses que 110 °F (43 °C).

Étude de cas 4

Cette chaudière d'installation était des plus simples. À certains moments, la température de l'eau de reprise était très basse. Les débits ne variaient pas. La hauteur d'élévation de la pompe serait cependant insuffisante pour compenser la baisse de pression additionnelle résultant du passage à travers une chaudière FARC.

CONSTATATIONS

Les circuits de conduites n'assurent pas tous un débit convenable à travers les chaudières

Un débit convenable et, par conséquent, une hausse de température de l'eau (ΔT) à travers les chaudières FARC s'avèrent cruciaux. Un trop faible débit risque de surchauffer l'échangeur de chaleur, ce qui en écourterait la durée utile. Un débit trop élevé risque d'épurer les tubulures de l'échangeur de chaleur, d'occasionner des piqûres de corrosion et d'en entraîner la défaillance hâtive. Trois des quatre installations de chaudière étudiées faisaient appel à la pompe de circulation principale pour assurer le débit à travers les chaudières. En raison de la perte de pression plus grande à travers les chaudières FARC, ces pompes ne fourniraient pas un débit suffisant si ce type de chaudière était installé. Dans toutes les études de cas, les chaudières de remplacement de type FARC nécessiteraient leurs propres pompes de circulation. Au minimum, cela entraînerait la création d'un agencement de pompage de type primaire-secondaire, dans lequel le système de distribution servirait de boucle primaire, tandis que les conduites et pompes desservant la chaudière serviraient de boucle secondaire.

Un débit variable à travers les chaudières peut occasionner une succession de cycles rapides

Une succession de cycles rapides, et la mise à feu et l'arrêt répétés toutes les quelques minutes accélèrent l'usure de la chaudière et peuvent augmenter la consommation de combustible. Un faible débit ou un débit variable à travers les chaudières en est la principale cause. Malgré l'hypothèse répandue voulant que l'installation d'une chaudière FARC dans un système existant puisse se faire en apportant peu de modifications pourvu que le système ait ses propres pompes, on a constaté que ce n'est pas toujours le cas.

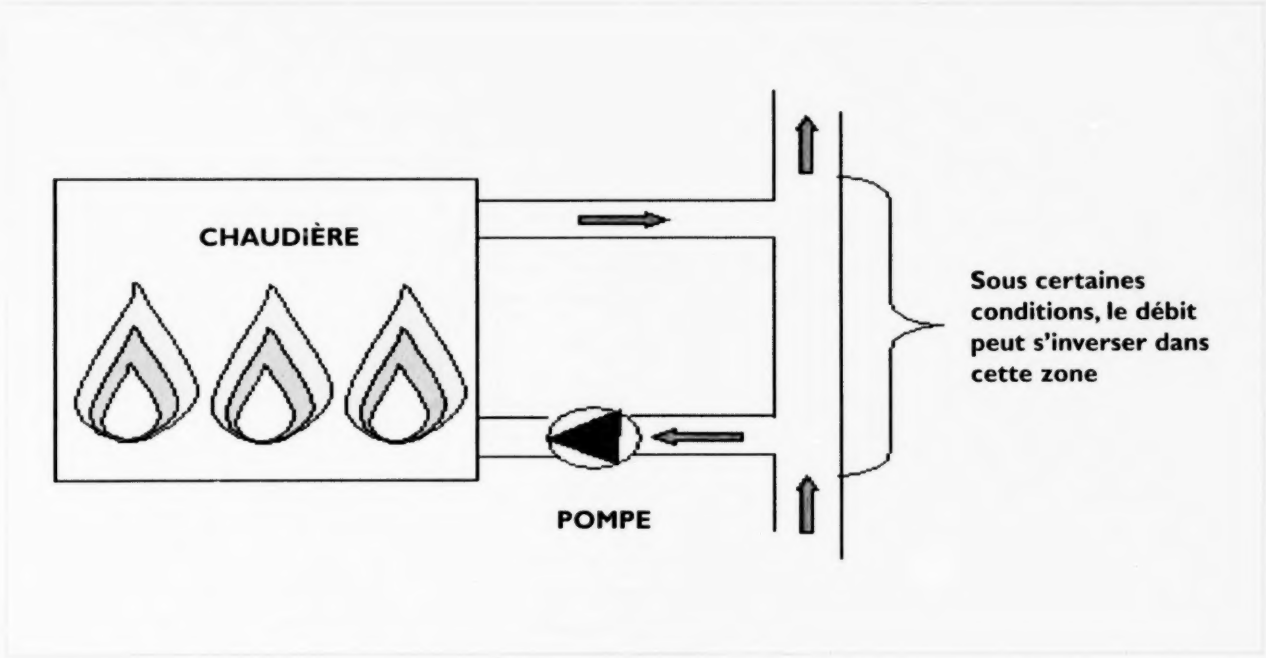

Figure 3 Un débit variable dans le collecteur de la chaudière peut provoquer une succession de cycles rapides.

Sous certaines conditions, lorsque le débit à travers le collecteur de la chaudière est réduit, cela risque d'inverser le débit entre l'alimentation de la chaudière et les différents circuits de reprise des chaudières (voir la figure 3). Une telle situation soumettra la chaudière à une succession de cycles rapides. Le débit à travers le collecteur peut être diminué par l'action de robinets de fermeture motorisés ou électrostatiques dans le système de distribution. Dans certains cas, les vannes motorisées à trois voies peuvent réduire le débit à travers le collecteur de la chaudière, parce qu'elles ont pour résultat de mélanger l'eau de reprise et l'eau d'alimentation, en contournant le circuit de la chaudière.

Les chaudières FARC doivent être protégées contre une eau de reprise de basse température

Plusieurs des installations de chaudière affichaient une température de l'eau de reprise suffisamment faible pour entraîner la condensation des produits de combustion. Ce phénomène peut endommager les composants de la chaudière et écourter sa durée utile. Si la température de l'eau d'alimentation doit être maintenue basse afin de prévenir la surchauffe, des mesures doivent être mises en œuvre pour protéger les chaudières contre l'eau de reprise à basse température. L'emploi d'une « dérivation » en travers des circuits d'alimentation et de reprise de la chaudière est une façon d'y arriver, comme le montre la figure 4.

Les chaudières FARC doivent être maintenues sous pression

Si la pression d'eau n'est pas maintenue dans l'échangeur de chaleur de la chaudière FARC, des bulles de vapeur peuvent se former, lesquelles font obstacle à l'écoulement de l'eau à travers l'échangeur de chaleur. Les chaudières FARC sont davantage sujettes à ce problème que les chaudières dotées d'échangeurs de chaleur plus imposants. Les conditions pouvant mener à une faible pression d'eau comprennent le pompage en direction opposée à la chaudière par rapport au pompage de l'eau de reprise, de même qu'un vase d'expansion de capacité inappropriée ou mal situé.

Des mesures additionnelles sont requises en milieu encrassé

L'échangeur de petite taille et le faible diamètre des tubulures des chaudières FARC les rendent sujettes à l'encrassement par de l'eau de chaudière sale. Aucune des installations de chaudière, y compris celle installée en sous-sol, n'était dotée d'équipement pouvant retirer les contaminants particulaires de l'eau. Il a été noté qu'il serait prudent de poser des filtres à tamis sur toutes les installations de chaudières FARC. Comme c'est le cas de la plupart des chaudières, aucune des chaudières existantes n'était dotée d'un filtre à air. Même si nombre de nouvelles chaudières FARC sont munies de filtres à air, le personnel d'entretien n'a peut-être pas l'habitude de remplacer les filtres sur les chaudières. Le replacement des filtres doit être ajouté aux tâches d'entretien.

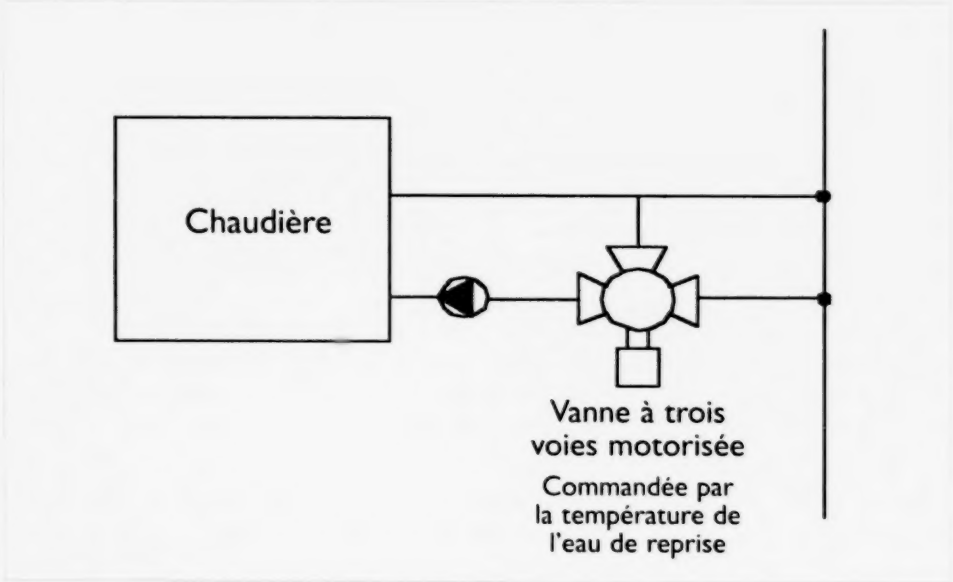

Figure 4 Utilisation d'une vanne à trois voies pour protéger la chaudière contre une eau de reprise de basse température

Il faut des instruments de mesure appropriés

Le débit et la température de l'eau qui passe à travers une chaudière FARC importent pour atteindre la durée utile maximale. Le débit s'avère simple à calculer si on a placé un thermomètre sur l'alimentation et une autre sur le circuit de reprise de chaque chaudière. Le débit à travers la chaudière est inversement proportionnel à la hausse de température dans la chaudière. Plus la hausse de température est élevée, plus le débit est faible. Si on connaît la différence de température entre l'eau d'alimentation et l'eau de reprise (ΔT) à puissance maximale de feu, on peut alors la comparer avec les données du fabricant afin de s'assurer qu'elle est dans les limites de conception. Le débit en gallons US peut être calculé à l'aide de la formule ci-dessous.

G (débit) = capacité de la chaudière en Btu / ({température de sortie - température d'entrée} x 500)

Conception en fonction d'une efficacité maximale

De nombreux immeubles sont surchauffés pendant l'intersaison, particulièrement ceux dotés de radiateurs, convecteurs ou panneaux radiants. Cette situation est inévitable, à moins que la température de l'eau d'alimentation puisse être plus basse que la température de reprise permise. Par temps doux, les convecteurs-plinthes, par exemple, seraient alimentés à une température de 48,8 °C (120 °F), mais l'eau à cette température est trop froide pour être retournée à la chaudière. Un système en PST (primaire-secondaire-tertiaire), comme le montre la figure 5, qui utilise une vanne-mélangeuse à quatre voies ou des pompes à injection

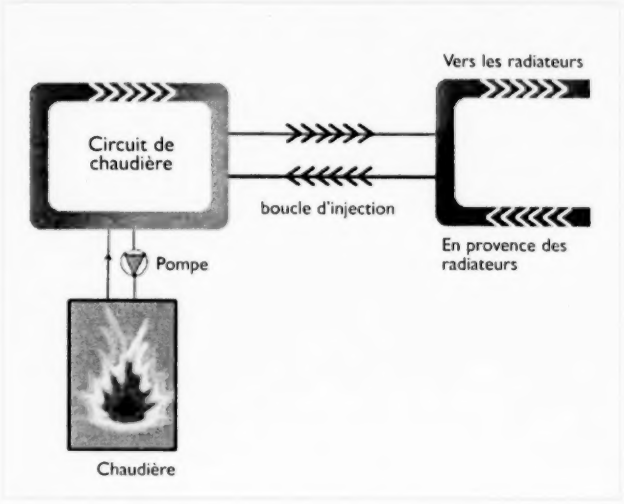

Figure 5 Le principe du système en PST

à vitesse variable autorise une température de l'eau d'alimentation, vers le système de distribution, plus basse que l'eau de reprise aux chaudières. Le système en PST peut servir dans de multiples zones qui requièrent des températures différentes (voir figure 6). Il peut être employé pour chauffer l'eau chaude domestique à l'aide d'un échangeur de chaleur, ce qui procure des économies en immobilisations et en entretien parce qu'on élimine la nécessité d'avoir une chaudière distincte.

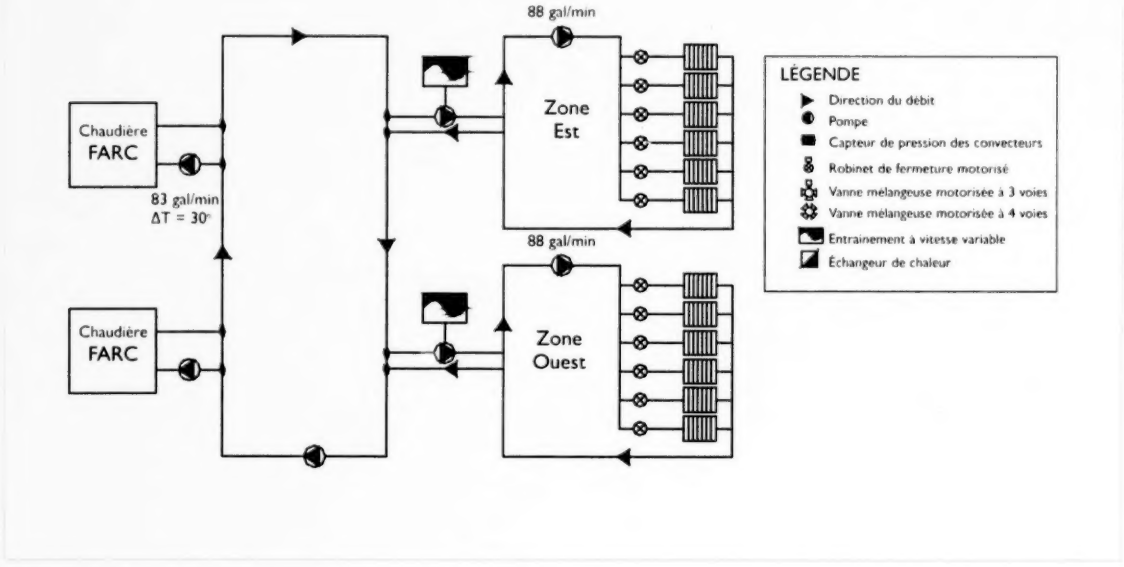

Figure 6 Schéma simplifié montrant le système en PST

CONCLUSION

Les chaudières radiales à tubulures de cuivre, pourvues d'un ventilateur (FARC) présentent de nombreux avantages lors de travaux de rattrapage, en grande partie parce qu'elles sont plus compactes que les chaudières assorties d'une efficacité semblable. Pour certaines applications, elles constituent le seul choix économique. Toutefois, elles requièrent une analyse soignée de l'installation de chauffage dans son ensemble et une analyse technique diligente afin de leur assurer une efficacité maximale et une longue durée utile.

Directeur de projet à la SCHL : Bill Semple, chercheur principal

Consultants pour le projet de recherche : Andy Taylor, Weinstein Taylor and Associates

Ce projet a été réalisé (ou réalisé en partie) grâce au soutien financier de la Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL) dans le cadre de son Programme de subventions de recherche, subventions qui sont octroyées au terme d'un concours annuel. Les idées exprimées sont toutefois celles de l'auteur (ou des auteurs) et ne représentent pas la position officielle de la SCHL. Pour en savoir plus sur ce programme, visitez le site Web de la SCHL à **www.schl.ca** ou communiquez avec l'agent de projets, Recherche d'initiative privée, par courriel, à erp@cmhc-schl.gc.ca, ou par la poste à : Agent de projets, Recherche d'initiative privée, Programme de subventions de recherche, Division de la recherche et des politiques, Société canadienne d'hypothèques et de logement, 700 chemin de Montréal, Ottawa (Ontario) K1A 0P7.

Pour consulter d'autres feuillets ***Le Point en recherche*** et pour prendre connaissance d'un large éventail de produits d'information, visitez notre site Web au

www.schl.ca

ou communiquez avec la

Société canadienne d'hypothèques et de logement
700, chemin de Montréal
Ottawa (Ontario)
K1A 0P7
Téléphone : 1-800-668-2642
Télécopieur : 1-800-245-9274

©2007, Société canadienne d'hypothèques et de logement
Imprimé au Canada
Réalisation : SCHL 23-07-07

Bien que ce produit d'information se fonde sur les connaissances actuelles des experts en habitation, il n'a pour but que d'offrir des renseignements d'ordre général. Les lecteurs assument la responsabilité des mesures ou décisions prises sur la foi des renseignements contenus dans le présent ouvrage. Il revient aux lecteurs de consulter les ressources documentaires pertinentes et les spécialistes du domaine concerné afin de déterminer si, dans leur cas, les renseignements, les matériaux et les techniques sont sécuritaires et conviennent à leurs besoins. La Société canadienne d'hypothèques et de logement se dégage de toute responsabilité relativement aux conséquences résultant de l'utilisation des renseignements, des matériaux et des techniques contenus dans le présent ouvrage.

65353